

Sugárzó izotópok alkalmazása az állatélettanban

Az állatorvos korszerű orvosi módszerekkel végzi megelőző, gyógyító és tudományos munkáját. Az állattenyésztő-szakember speciális munkaterületén, szintúgy elmélyedt anatómiai és élettani ismeretei szerint alkalmazza a rokontudományok vívmányait. Mégis feltűnő, hogy az izotópok felhasználásával foglalkozó hatalmas orvosi és mezőgazdasági szakirodalomban jelenleg csak elvétve találunk szorosan vett állategészségügyi, ill. állattenyésztői problémákkal foglalkozó dolgozatot. Amidőn tehát a rádióizotópok felhasználási lehetőségével foglalkozunk az említett két szakmán belül, tágabb értelemben, a határterületeket is érintenünk kell. Kereteink azonban nem engednek meg a részletekbemenő tárgyalást, ehelyett szemelvényesen olyan szemléltető példákat fogunk kiragadni, amelyekből az izotóp módszerek alkalmazásának előnyei világosan ki fognak domborodni.

Felhasználásuk az alábbi elvek alapján történhet:

1. Rádióizotóp bevitelével a sugárzó elem útját — anyagseréjét — vizsgálhatjuk, továbbá ezen ion hatásai biokémiai, normál és kóros élettani folyamatokra.

2. Valamely szerves anyagba beépítve a sugárzó izotópot (pl. 6-szénatommal jelzett glukóz) követhetjük ennek anyagseréjét a szervezetben. Ismeretes, hogy egyazon molekulát különböző sugárzású és felezési idejű izotóppal is jelölhetünk (pl. H^3 és C^{14} -el jelzett nádcukor).

3. Komplex szerves vegyületekbe tartósan beépítve (pl. J^{131} antigén-fehérjékben, vagy Zn^{65} inzulinban) vizsgálható a hatás ideje és helye.

4. A növényi, ill. állati szervben bioszintézisek vizsgálhatók oly módon, hogy az izotópot egyszerű vegyületekként vesszük be a szervezetbe és egy bonyolultabb felépítésű jelölt molekulát nyerünk (pl. $C_{14}O_2$ -térben tartott gyógynövény, melyből C^{14} -el jelölt gyógyszert nyerünk.)

5. Kísérleti körülmények között már van egyes elemek sugárzóvá tételeire is a szervezetben „in situ” is neutron besugárzással. E módszerrel vizsgálhatjuk a nyomelemeknek (Zn, Co, Cu, stb.) mennyiségét és eloszlását a szervezetben.

Megjegyezni kívánjuk, hogy az izotóp módszerek bár egyszerűnek látszanak, de a jelenségek helyes értékeléséhez többnyire biometria számítások nélkül nem lehet eljutni.

Az élettan egyik központi kérdése a vérképzés (haemopoiesis). A normális élet alapfeltételei közé tartozik, hogy a haemopoieticus szervekben állandóan képződjenek vörsejtek, bekerüljenek a vérpályába, betöltvén rendeltetészerű feladatukat a gázcsereben, bizonyos „életkort” betöltve elpusztulnak. Az új sejtek képződése és a régiak pusztulása éppoly viszonyok között dinamikus egyensúlyban van. Világos, hogy a normális vörös- és fehérvérsejtszám ebből az egyensúlyi viszonyból származik. Régi éssokat vitatott probléma, hogy mennyi ideig élnek a vörsejtek? Amióta sikerült a vörösvérsejteket izotóptechnikával megjelölni (Jennings és munkatársai 1954 [16]), éspedig $Fe^{59}Cr^{51}Rb^{86}$, glyccoll-1-, illetőleg -2- C_{14} -el többszörösen beigazolódtott, hogy a vörösvérsejtek átlag 120 napig élnek (Mollison [21], Tudhope [28], Bush [7] és mások). A fehérvérsejteket P^{32} -vel jelölték meg (Kline [19]) és azt találták, hogy mindössze néhány napra tehető azok élettartama.

A vérmennyiség és a szervezet ún. víztartalmának meghatározására alkalmazott izotóp-módszereket fejlődésünkben úgy tudjuk értékelni, ha előbb a klasszikusnak mondható régebbi eljárásokat, valamint az alkalmazott logikai észjárást már ismerjük.

A múlt század fiziológusai tudták, hogy valamely szervezet *vérmennyiségét* pontosan meghatározni közvetlen elvértetéssel nem lehet, mert az elvérés mindig hiányos: az erekben vér marad vissza. Amennyiben az erekből fiziológiás vízzel a visszamaradt vért kimossuk és a hígítást tekintetbe vesszük, még akkor is nagy a meghatározás hibája. — (Egyébként is alapvető kíváncsi, hogy a vérmennyiséget normális és kóros viszonyok között egyaránt, ép szervezetben is meg lehessen határozni, minthogy erre a fiziológusnak, állattenyésztőnek, orvosnak gyakran van szüksége.)

A vér két főtényezéből, alakoselemek (A) és plazma (P) áll. Hogy az A és P együttes mennyiségét megkapjuk, elégséges, ha az egyik tényezőt abszolút értékben meghatározzuk, mert

$$A + P = \frac{P}{P\%} \times 100, \text{ ill. } A + P = \frac{A}{A\%} \times 100$$

ami azt jelenti, hogy az összes vérmennyiség meghatározásához mindegy, hogy a vörösvérsejteket vagy a plazmát határozzuk meg közvetlenül.

Első lépés tehát az indirekt módszer kivitelezésében, hogy eldöntsük: vörsejteket vagy plazmát fogunk-e meghatározni és amidőn az abszolút értéket ismerjük, következik a plazma és alakoselemek százalékvizonyának tisztázása.

A plazma és az alakoselemek egymáshoz való arányát ún. haematocrit-módszerrel kapjuk meg, 100 beosztással ellátott kis pipettákba felszívjuk az alvadásban meggátolt vért és centrifugában különválasztjuk a plazmát az alakoselemtől. A százalékos értéket, az ún. haematocrit-értéket közvetlenül leolvassuk. A számítás a már tárgyalt képlet segítségével történik.

Haldane fél évszázaddal ezelőtt leírt módszerében kismennyiségű szénmonoxidot lélegeztetett be. Módszerének elve az, hogy a vörösvérsejtek — CO iránti sokkal nagyobb affinitásuk miatt — megkötik az ismert mennyiségben belélegzett szénmonoxidot. A nyújtott és a vérben megkötött mennyiség ismeretében kiszámítható az állat vérmennyisége.

Az izotóp-metodika előtt, de még ma is széltében használjuk az ún. festékmódszereket. Olyan kolloidális természetű festéket alkalmazhatunk, amely nem mérgező, a vörsejtekbe nem hatol be és a kapillárisok falán nem tud kidiifundálni. Régebben kongóvörös, újabban T 1824 jelzésű festék (Evans-blue) használata terjedt el. A vérpályába meghatározott mennyiségű festéket fecskendezünk be, majd a festék eloszlása után, a hígulás mértékéből a plazmamennyiséget abszolút értékben kapjuk meg.

A vörösvérsejtek összterfogátát izotóp-technikával Fe^{55} , Fe^{59} , P^{32} és Cr^{51} izotóppal jelzett vörösvérsejtek segítségével; a plazmát J^{131} vagy Br^{82} -vel jelölt albuminnal lehet meghatározni. A meghatározás elve azonos a festékmódszerek leírásában vázoltal. Mint látjuk, megvan a lehetőség arra, hogy izotóp-technikával mind az alakoselemek, mind a plazma mennyiségét abszolút értékben meghatározhassunk, ezáltal a régi módszernél pontosabb, alaposabb eljárás birtokába kerültünk. Amihez hozzátehetjük, hogy kistestű állatok esetében is meg tudjuk határozni a vérmennyiséget, ami a klasszikus módszerekkel nem volt lehetséges.

Vízterek. A fentiekben ismertetett vér-, illetőleg plazmatérfogát a véredényekben levő folyadék mennyiségéről ad tájékoztatást. Az állati test víztartalmának tulajdonképpen csekély hányadáról kapunk információt, holott az emlősök testének nagy tömegét (kb. 70%) víz alkotja, mely egyfelől a sejten belül (intracelluláris tér), másfelől a sejteken kívül (extracelluláris tér) helyezkedik el.

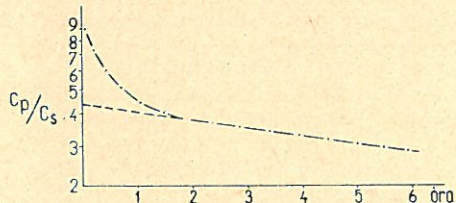
A test összes sejtjében levő víz összterfogátát jelöljük meg az „intracelluláris víztér” fogalmával. Az extracelluláris víz egy része az érpályán belül (intravascularisan) van és nem más, mint a vérplazma, a véredényeken kívüli víz

az „extravascularis tér”, másnéven szövetközi (interstitialis) tér.

Az egyes vízterek egymáshoz való arányát az alábbi példában mutatjuk be: 70 kg-os ember testében 50 liter víz van. Az intracelluláris térben 30–35 liter, az extracelluláris térben 17–20 liter (az összes víz kb. 20–30%-a). Ilyen súlyú egyének kb. 5 liter vére van, ennek 55–60%-a esik a plazmára. Ezek szerint az interstitialis víztér 14–15 liter.

Claude Bernard óta a fiziológiai jelenségek színteréül a belső környezetet, „milieu intérieur” tekintjük. Rendkívül gyakori követelmény, hogy egy adott normális vagy patofiziológiai jelenség helyes értelmezéséhez a vízterek aktuális viszonyát is ismerjük.

A régi módszerek az extracelluláris vízer meghatározására inulint (az inul. 5000 mol. súlyú poliszaharida, mely fruktóz-molekulákból áll) illetőleg SCN-tartalmú vegyületeket, továbbá Na-t és Cl-t használtak. Ma az extracelluláris tér Na^{24} -el történő meghatározása polgárjogot nyert eljárás; amire példaként szolgálhat angol szerzők nem régi keletű vizsgálata szarvasmarhákban (Ingliš és munkatársai [15]). Megállapították, hogy a 3–5 hetes borjak Na-extracelluláris tere a testsúly 41,3%-a, a növedéskorban 35,9%, felnőtt marhában 22,5%. Na-izotóp befecskendezésének, a vérvételi technikának részleteire nem térhetünk ki, a kiértékelés módját azonban az 1. ábrán bemutatjuk.



1. ábra

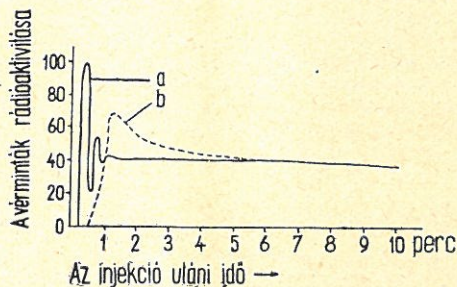
Térmeghatározás értékelése Na-izotóppal

Az ábrán az ordináta skála a plazma Na^{24} oldat/standard Na^{24} aktivitásának értékeit logaritmikusan mutatja (C_p/C_s). Az abszcisszán az időt ábrázolták. A befecskendezés után gyorsan esik ez az érték, majd a görbe a kiegyenlített állapotot feltüntető lineáris szakaszban folytatódik. A lineáris szakaszt a szerzők 8 meghatározásból kapták és extraponálták az ordinátára. Így kapták a beadás pillanatában meglevő Na-teret.

Keringési idő. A klasszikus módszerekben festék, illetőleg keserű anyagok befecskendezésével kaptak választ arra a kérdésre, hogy mennyi idő alatt fordul meg a vér egyszer a szervezetben, vagyis mennyi a „keringési idő”. Izotóp technikával megjelölt sóoldatokkal, meg-

jelölt vörösvérsejtek vagy kolloidok befecskendezésével pontosabb módszerek birtokába jutottunk (2. ábra).

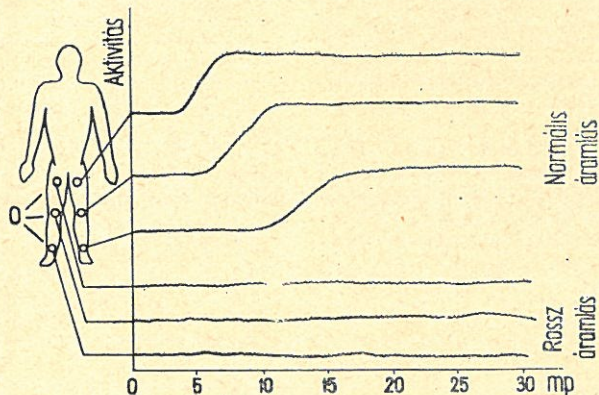
Az orvost diagnosztikai, illetőleg terápiás szempontból egyfelől az egész keringés leromlása



2. ábra

Keringési idő: a = egészségesben, b = szívbetegben. (Wachsmann [30] nyomán vázlatosan)

(pl. shock-ban), másfelől egyes szervekben érdekelheti. Jól lehet használni az Fe^{59} -t (Hahn, 1955) és a P^{32} -t (Delorme [12]); ezenkívül J^{131} és Na^{24} is alkalmazható. Izotóp technikával külön is meg tudjuk vizsgálni a kisvérkörü keringést (Pintal [24] és mások). Az alábbi ábrán demonstrálhatjuk, hogy milyen pontos és gyors információt kap az orvos adott esetben egy szervnek, pl. a végtagoknak keringési állapotáról (3. ábra).



3. ábra

Vértáramlás mérése emberben art. femoralisba adott izotóp segítségével. Bal végtag (felső görbe) ép keringés. Jobb végtag (alsó görbe) érelzáródás miatt hiányos keringés. 0 = kívül a bőrre helyezett számlálócsővek. (Schwiegk [27] nyomán sematikus). Vízszintestengely az injekció utáni idő másodperceiben

A P^{32} klinikai felhasználásának egy érdekes esetét közlik Aird munkatársai [2]. Összenőtt ikrek vérkeringését tanulmányozták jelölt

vörösvértestekkel, annak eldöntése céljából, hogy a két keringés egymással összefüggésben van-e. Amidőn az egyik keringésbe bevitt jelölt vörösvértestek nem voltak kimutathatóak a másik iker keringésében (annak jelöl, hogy nincs anastomosis a két keringés között), sebészi úton meg lehet szüntetni az összenövést.

A keringésfiziológia számos területén (pl. perctérfogat meghatározása) alkalmazzák még a rádióizotópokat; részletesebb ismertetésre kereteink között nincs lehetőség.

Az állatorvosi kórtan számos olyan megbetegedést ismer (a lovak intermittáló sántasága, a belfodri verőerek thrombosisa), ahol a vizsgálati technika alkalmazása igen komoly diagnosztikai segítséget adhatnak. Izotóp-technikával jelölt vizek segítségével (Cr^{51}) occult gyomorvérzéseket sikerült jól kimutatni (Owen [23]). Az agyi keringés vizsgálatának új módszerében izotóp-kriptont alkalmaznak (Lassen és Munck, 1955).

Légzés és a módszereiben vele rokon indirekt kalorimetria problémáira az izotóp-technikát is bevezették. Elsősorban a C^{14} használata jelent felbecsülhetetlen segítséget. Veszélyessége miatt (5600 éves felezési idő) a vele való foglalkozás nagy óvatosságot és különleges védelmi berendezést igényel.

Az emésztőkészülék működésének megismeréséhez is nagy lendületet ad az izotóp-technika. A gyomornedv sósavkeletkezésének sokat vitatott problémájában például új vizsgálati lehetőségek nyíltak (Adrian és Hogben [1]. Szovjet szerzők (Zamyhkina és Grodszenszkij [32] az idült pavlovi

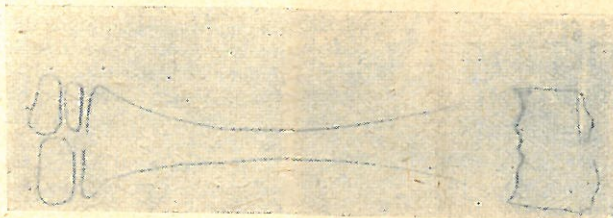
kiválasztás és foszforanyagcsere közötti összefüggéseket új megvilágításba helyezték. Sárge-ságban és heveny hepatitisben a normális viszonyokhoz képest, a szérumaktivitásban éles különbséget sikerült kimutatniok, ami egyfelől a májfunkciós problémáknak adhat újszerű magyarázatot, másfelől eddig nem alkalmazott diagnosztikai módszer kidolgozásához vezethet.

A felszívódás sokrétű kérdésében szinte alig nélkülözhetők ma már a jelzett anyagok.

A klasszikus *anyagforgalmi* vizsgálatok módszerével szemben az elfogyasztott takarmány és a szervezet kadása között sokkal tökéletesebb

szőr csirkén, később sertésen izotóp-technikával megállapították, hogy anorg. S-ből más állatfajok is képesek cisztint, illetőleg metionint felépíteni.

Úgy látszik, hogy a háziállatok ásvány-anyagforgalmáról alkotott elképzelésünk is új megvilágításba kerül. A háziállatok Ca- és P-anyagcserejére vonatkozó úttörő vizsgálatokat izotóp-technikával Comar [10, 11] végzett. Vizsgálataiból származó ábrán bemutatjuk, hogy fiatal borjúnak adott Ca^{45} izotóp beépülése a beadás után már 2 perc múlva, autoradiográfiával, kimutatható a csontok epi-



4. ábra

Fiatal borjú metatarsusa, melyet Ca^{45} ív adása után két perccel kiértékeltek. Autoradiogramm (Comar [10])

mérleget lehet készíteni jelzett anyagokkal, mert tökéletesen meg tudjuk egymástól különböztetni az endogén (testből származó) és az exogén (táplálékeredetű) tényezőket, pl. ásványi anyagokat, mint amilyenek a Ca és a P.

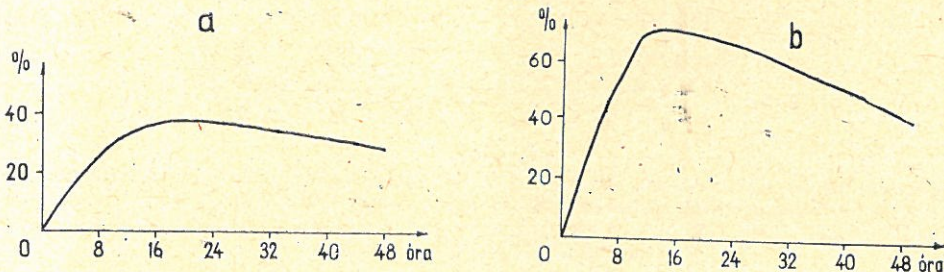
Régen úgy tudtuk, hogy a lóhere P-tartalmának 1/5-e szívódik fel, ma viszont az izotóptechnika segítségével 90%-ra tesszük a felszívódás mértékét. A különbség onnan származott, hogy régen a fel nem szívódó részeket nem tudták elválasztani a felszívódott, de a bélfalból kiválasztott kvótától.

A klasszikus vizsgálatokból úgy tudtuk, hogy csupán a kérődzők tudják, a bendőflórájuk révén, a cisztin és metionin kéntartalmú, életfontosságú aminosavakat szintetizálni. Ma viszont revízió alá vetjük álláspontunkat: elő-

physisein (4. ábra). A csontokhoz szelektíve kötődő stroncium (Sr^{87}) még három év múlva is kimutatható az állat csontjaiban.

Az endokrinológia szerteágazó anyagából témánkkal kapcsolatban a pajzsmirigyre, a tejmirigy működésére és a reprodukcióra vonatkozó fontos eredményeket öhajítjuk kiemelni.

Ismeretes, hogy a *pajzsmirigy-hormon*, a thyroxin, az anyagcsere egyik fő szabályozó tényezője. Minthogy az állati produkció, hús, tej, tojás, gyapjú, korrelációba hozhatók a pajzsmirigy működésével, a háziállatokra vonatkozó ezirányú kutatásokat döntő fontosságúnak tekinthetjük. A pajzsmirigyműködés napszaki (diurnal) változásait éppúgy fel kell derítenünk, mint a szervezetre közelebből a pajzsmirigyre ható ökológiai tényezők hatását.



5. ábra

Pajzsmirigy J^{131} -tartalma (a) egészséges és (b) fokozott pajzsmirigyműködés esetén, radiojód adása után. (Beier és Dörner [4] nyomán)

A rádióizotóp jód (J^{131})-felvétel módszerét 1946 óta használják [13]. Az ember pajzsmirigybetegeink diagnosztizálására rutinszerűként újabban hazánkban is alkalmazzák. Ennek elve az, hogy a perorálisan nyújtott „jód-kotél” rövid idő alatt nagy mennyiségben fel-

hető. A beadást követő percekben már kimutatható a J^{131} jelenléte a pajzsmirigyben. Ép viszonyok mellett a rádióaktivitás 24 óra múlva éri el a maximumot. Ilyenkor a beadott jód-izotóp kb. 15–35%-a mutatható ki a pajzsmirigyben. Hyperthyreosisban a J^{131} -aktivitás maximumát



6. ábra

A pajzsmirigy jódfelvételének mérése szarvasmarhában 250–300 μC J^{131} iv bevétele után (Blincoe és Brody [5] nyomán)

halmozódik a pajzsmirigyben. Ez a nyak bőrére helyezett Geiger–Müller-számlálócsővel mér-

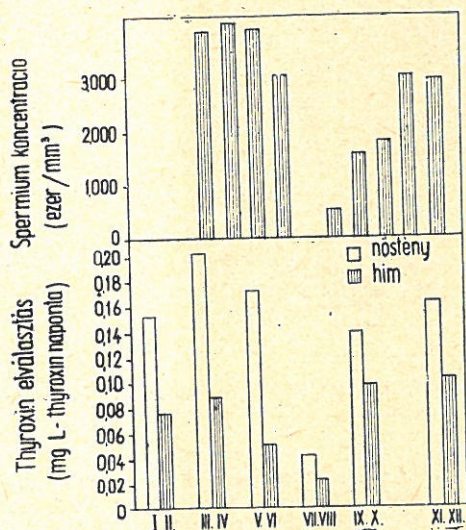
már a 4.–5. órában eléri. Ilyenkor a beadott J^{131} akár 80%-a is kimutatható. Az állatokon történő vizsgálat elrendezését a 6. ábra mutatja be (Blincoe és Brody [5]).

Szarvasmarhában ép viszonyok mellett a jódfelvétel a maximumát a 72. órában éri el. A pajzsmirigy izotóp-technikával történő vizsgálata során négy tényező (parameter) adhat felvilágosítást. Éspedig: Blincoe és Brody [5] beosztása szerint 1. a pajzsmirigy jódfelvétele; 2. a pajzsmirigy izotópjódot tartalmazó hormonleadás mértéke (hormonal release); 3. a pajzsmirigy maximális J^{131} -es felvétele; 4. átalakulási arány: a vérplazma thyroxin-eredetű J^{131} koncentrációjának aránya a plazma teljes J^{131} -es koncentrációjához (conversion ratio).

Ez idő szerint a pajzsmirigy funkció leghűbb képét a hormonleadás mutatja.

Az utóbbi évek vizsgálatai feltárták a pajzsmirigyműködés több érdekes részletkérdését: a tiroxin-leadást L-tiroxin és egyidejűleg tiouracil-adagolással, izotóp-technika mellett, abszolút értékben meg tudjuk adni.

A gyakorlati élet számára is igen érdekesek Reineke és Henneman [25] adatai, akik a pajzsmirigyválasztás mértékét és a spermakoncentrációt párhuzamosan vizsgálták és kosokon szabályos összefüggést találtak a spermaképződés foka és a pajzsmirigyműködés között. A nyári hónapokban talált alacsony



7. ábra

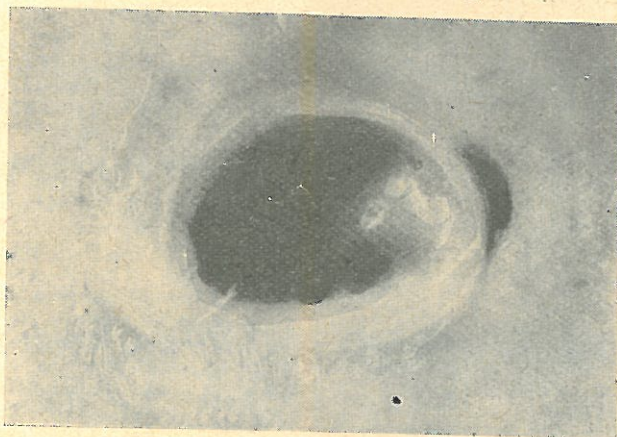
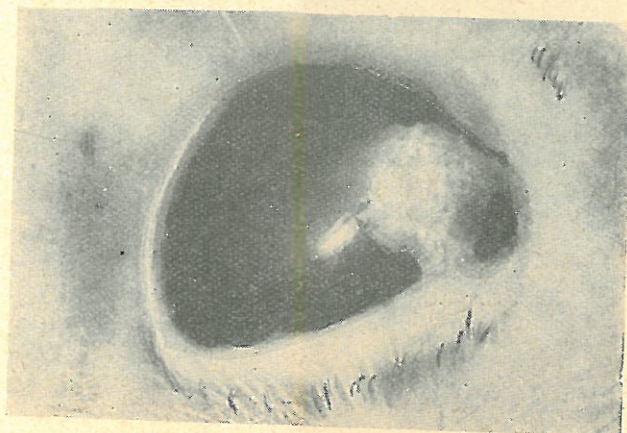
A hím és nőstény birkák pajzsmirigyválasztásának változása és a hím állatok spermakoncentrációja közötti összefüggés. (Reineke és Henneman [25] nyomán)

tiroxin-értékek gyenge spermaképződéssel jártak együtt. A nyári spermakoncentráció-esést megelőzi a tiroxin-csökkenés. Az őszi szezon spermakoncentráció-emelkedését szintúgy megelőzi a pajzsmirigyműködés fokozódása.

Reincke és Henneman [25] kimutatták a fiatal bárányok növekedése és a pajzsmirigyműködés közötti korrelációt is.

importált indiai, stb.) ökológiai hatásokra adott válaszai a mi földrészünkön, egészen eltérő ökológiai viszonyok között élő fajtáinkra nem alkalmazhatók. E körülmények igen erőteljesen aláhúzzák azt a kíváncságot, hogy hazánkban mielőbb megindítsunk hasonló célkitűzésű vizsgálatokat.

Azokban az elméleti és gyakorlati szempontból



8. ábra

Szarvasmarha szemhéjrákjának kezelése bétasugárzással, kezelés előtt és után (Vigue és munkatársai [29] nyomán)

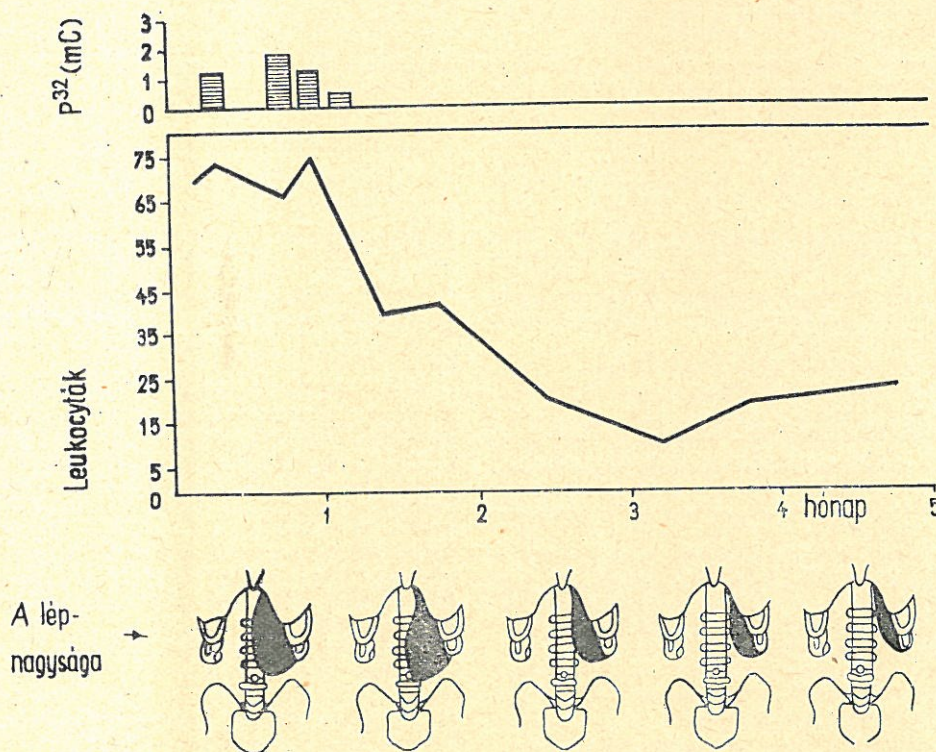
Brown—Grant [6] nyúlön és patkányon vizsgálta a pajzsmirigy- és gonádműködés közötti összefüggéseket. Külföldi kutatók több év óta foglalkoznak a pajzsmirigyműködést befolyásoló aklimatizálódási, ökológiai kérdésekkel. Bár e vizsgálatok elméleti szempontból igen érdekesek, gyakorlati vonatkozásban számukra kevésbé értékesíthetők, mert a különféle tengerentúli szarvasmarhák (St. Gertrudis,

egyaránt fontos kérdésekben, hogy a tejmirigy a tej egyes alkotórészeit miből és hogyan állítja elő, a tőgy artériás és vénás differenciáin alapuló régi próbálkozások ellentmondó eredményekre vezettek. Hevesy 1938-ban tisztázta először izotóptechnikával, hogy a tejmirigy kazeinszintéziséhez a plazma anorg. P-jét használja és nem a plazma-lipideket. Újabban szovjet, amerikai, angol, japán kutatók számos adattal

gazdagították a tejmirigyműködés biokémiájára vonatkozó ismereteinket. Kleiber [18] bevezette a „transfer quotiens” fogalmát, melynek segítségével ki lehet számítani, hogy valamely anyagcseretermék hány százaléka alakul át laktózzá, kazeinné, illetőleg tejszírrá. Már

fehérjékkel, mert ultrafiltrációval könnyű volt szeparálni. Amidon P^{32} -t kecske vena jugularisába fecskendeztek, a tejminta aktivitása a 4. órában volt a legmagasabb.

Szovjet szerzők (Nyikitin és Merkurieva [22]) a rágsálók és kérődzők tejszír-



9. ábra

Myeloid leukaemia kezelése P^{32} -vel (Schwiegk [27] nyomán)

1950-ben kiderült, hogy bizonyos mennyiségű $C^{14}O_2$ -t a patkányszövetet fixálni tud és azt glikogénné is képes szintetizálni. Kleiber [18] viszont kimutatta intakt tehénen, hogy a plazmakarbonátból a tejcukor széntartalmának 10%-a, a kazeinné 4%-a, a zsír-szénnek 2%-a származik. Keener és Tery [17] azt találták, hogy szilázsban nyújtott izotóp-kén-dioxid ($S^{35}O_2$) 12%-a a tejben megjelenik, mégpedig szerves-kötésben cisztin, cisztein-alakjában. Azt javasolják, hogy karbamidetetés során helyes lenne anorg.-S-bevitelre is gondolni.

Japán szerzők (Sasaki [26], 1955) megállapították, hogy a tejben jelentős mennyiségben van természetes eredetű rádióaktív izotóp, és pedig K^{40} .

Ca^{45} és P^{32} -vel folytatott kísérletből kiderült, hogy a Ca^{45} szoros kémiai kötésbe lép a kazein-nel, a P^{32} , ellenben laza kapcsolatban áll a tej-

képzésében kimutatták, hogy az előbbiekből a tejszírszintézis elsősorban glukózból történik, a kérődzőkben viszont rövid szénláncú zsírsavakból. A jelenséget összefüggésbe hozták a bennük folyó kémiai jelenségekkel. Ezt az érdekes biokémiai adaptációs jelenséget legújabbban tejmirigyszövetekben végzett izotóptechnikával, angol szerzők (Folley és Popják, 1953) is kimutatták.

A spermatogenezissel, közelebbről annak ciklusával, francia szerzők (Ortavant, 1955) behatóan foglalkoztak. A mesterséges termékenyítéssel kapcsolatos problémák a spermatogenezis ciklusának alaposabb megismerését teszik kívánatossá. Azt találták (P^{32} -vel végzett vizsgálataikban), hogy kosokban a spermatogenezis ciklust az első redukciós osztástól számított 39–40, az anya spermatogonium kialakulásától számított 47–48 napra lehet

tenni. A dezoxiribonukleinsav-aktivitás fokozódása egybeesik azzal a változással, amidőn a P^{32} -vel megjelölt spermatogoniumból, illetőleg a spermatocitából kialakul a spermatozoa. Izotóp-technikával ki lehet mutatni, hogy a spermiumok mennyi idő alatt teszik meg útjukot a ductus epididymisben. Sexuális nyugalom szakában kosokban ez az idő 21 napra tehető, frekvenciátalt időszakban 14 napra.

Ezeket a vizsgálatokat alapvető fontosságúnak minősíthetjük, mert a továbbiakban a sperma minőségének javítására irányuló kutatásokhoz szolgáltatnak alapot.

Az egyes tudományterületek közül az immunológia és bakteriológia fejlődésében az izotóptechnika szintúgy rendkívüli lehetőségeket nyit meg. Még csak érinteni sem tudjuk kereiteink között azt a bőséges irodalmi anyagot, melyet az utolsó évtized eredményezett. Biztosra vehetjük, hogy a hatékonyabb vakcinák előállításának egyik új módszere izotópok felhasználásával fog történni.

A gyógyszeres kutatásban, minthogy szinte korlátlanul megjelölhetők az egyes farmakonok, a legkülönbözőbb hatásmechanizmusra vonatkozó problémákban lehet alkalmazni izotópokat.

Ha gyógynövényt $C^{14}O_2$ -t tartalmazó levegőterben nevelünk, vagy a talajból vétetünk fel izotópot, az alkaloidába rövid idő alatt beépül (pl. morfin, veratrin, digitalis alkaloidák stb.). Az előállított és adagolt gyógyszer útját a szervezetben, részvételét az intermedier anyagcserében, szelektív kötődését egyes szervekhez, kiválasztódásának helyét és mennyiségét megbízhatóan tudjuk követni.

Ugyancsak izotóppal vizsgálható egyes gyógyszernek a depotokból. Valamint a bőrön keresztül történő felszívódása.

Bizonyosra vehető, hogy a klinikai diagnosztika gyors és pontos módszereket fog köszönni az új irányzatnak.

A daganatkezelésben elért humán eredmények nyomán több szerző (Cattcott és munkatársai [9], Wheat és munkatársai [31], Vigue [29]) sikerrel kezelte a szarvasmarhák meglehetősen gyakori szemhéjrákját.

A béta sugárzó izotópok (Sr^{90}) kiválóan alkalmasak felületes daganatok kezelésére.

A daganatos betegségek kezelésében a kobalt (Co^{60}) izotópot kiterjedten alkalmazzák, mivel lényegesen olcsóbb, mint a rádium, ezenkívül alkalmazása a legváltozatosabb módokon — plasztikus anyag, fémtek, golyók stb. — alakjában lehetséges.

Biztatóak a leukaemiák gyógyításában elért eredmények (9. ábra). 1—2 mC P^{32} ismételt beadása több hónapon keresztül, a kórosan magas fehérvérsejtszámot a normális értékek felé tolja el és stabilizálja. A megnagyobbodott lép is visszanyeri eredeti nagyságát.

A parazitológia számos kérdésben pótolhatatlan segédességet kap a sugárzó izotópok alkal-

mazása révén. Így a lárvavándorlás bonyolult és sokszor vitatott kérdései viszonylag egyszerűen eldönthetőek. Az izeltlábúak szemei számos betegség epidemiológiájában nem világos. A közegészségügyileg érdeklődésre számot tartó izeltlábúak izotóppal való megjelölésének módszereit Hassett és Jenkins [14] dolgozta ki s azóta világsszerűen használják az izeltlábúak szétszóródásának, továbbá az általuk közvetített betegségek terjedésének vizsgálatára. Jó analógiát nyújtanak fentiekre Aragão és munkatársainak [3] vizsgálatai, akik moszkító (*Anopheles-Kerteszia*) lárvákat trümm-nitrát tartalmú vízben tenyésztettek. Kikelés után a sugárzó anyagot tartalmazó szűnyogokat elengedték és ettől a helytől különböző távolságokban elhelyezett gyűjtőállomásokon összegyűjtve meg lehetett határozni, hogy kb. 8000 méterre repülnek el a kifejlett szűnyogok. Számos más szűnyog és légyfajta esetében ez a távolság kb. két km volt, bár van olyan légyfajta is, amelyik 30—32 km-re repül el kiindulási helyétől.

Az egyes paraziták anyagcseréjének vizsgálata és ismerete lehetőséget nyújt ellene való védekezésnek is. Így pl. McCoy és mtsai [20] vizsgálták jelzett atomokkal a *Trichinella spiralis* betokozódott lárváinak anyagcseréjét. Trichinellával fertőzött patkányoknak gyomorszondán át P^{32} -t adva aktív foszfát-ion cserélődés mutatható ki a betokozódott lárvák fala és a gazdaszervezet izomzata között. Kísérleteik arra utalnak, hogy a betokozódott lárvában is aktív anyagcsere zajlik le.

A belső élősködők kártételeit bizonyos esetekben meglehetősen pontossággal meg lehet ítélni, mint pl. Jennings és mtsai [15] kimutatták, sugárzó izotópok segítségével, hogy a *Fasciola hepatica* egyedenként és naponként átlag 0,2 ml vért szív a gazdaállatból.

A fentiekben kívül nem elhanyagolandó az alábbiakban részletezett eljárás nemzetgazdasági haszna:

Az USA állattenyésztőinek a délnyugati tengerpart mentén kb. 29 millió dollár évi kárt okoz a *Callitroga americana* (hominivorax), népiesen „screw-worm fly” (10. ábra). A kártétel abban van, hogy a nőstény petéit a kérődző állatok bőrébe rakja. Elég a legkisebb sérülés ahhoz, hogy a fertőzés megtörténhessen. A lárvák élő szövettel, az élő hússal táplálkoznak; 3—4 nap alatt kifejlődve kikerülnek a talajra és abban bebábozódnak.

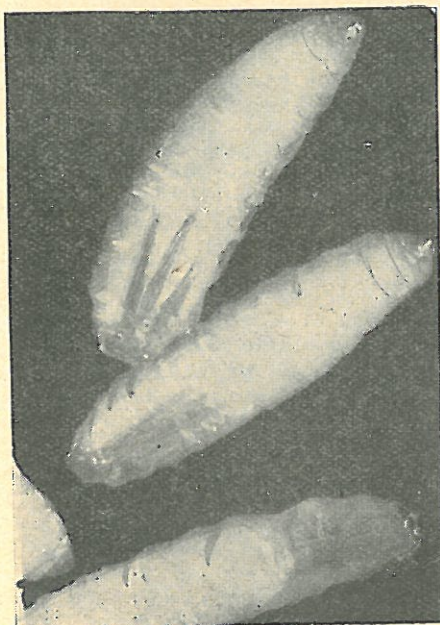
A trópusi, szubtrópusi klímán (7 $\frac{1}{2}$ nap alatt) a petéből légy lesz. Minthogy a fertőzött állat sebe peterakó nőstényeket vonz az állathoz, az egyengült, kivált fiatal állatokat (vad, illetőleg nem gondozott háziállatok) a lárvák eleve felfalják.

Amerikai szerzők, Bushland és munkatársai [3] rendkívül szellemes és hatásos módszerről számolt be a genfi atomkongresszuson

Callitroga-irtási eljárásokról. Előjáróban tudni kell, hogy módszerük két fontos ismereten alapul: 1. a *Callitroga*-nőstény életében egyszer párosodik; 2. a hím példányok Co^{60} -besugárzással sterilizálhatók. Bushland és munkatársai [8] elhatározták, hogy Curaçao szigetét

függések ismeretében tengeri halászat a jövőben sikeresebb lesz.

A halastavakkal való helyes gazdálkodás kidolgozásában is az izotóp-technika igen sokat fog jelenteni. Ennek bizonyítására megemlítjük, hogy a tavak halsűrűségének megállapítását



10. ábra

Callitroga hominivorax nőstény és kifejlett lárvák

(mely Venezuelától kb. 40 km-re fekszik) megszabadítják a *Callitroga*-legyektől. Laboratóriumukban nagy tömegben tenyésztettek *Callitroga*-legyeket és a Co^{60} -besugárzással sterilizált hímeket, 8 héten át szakaszokban, Curaçao szigetén repülőgépről szabadon engedték. A nagyszámú sterilizált és a kisebb számban előforduló természetes hím legyek fajfenntartási vetélkedéséből adódott az a várható statisztikus eredmény, hogy a nőstények mind kevesebb megtermékenyített petét ürítettek, és végül 8 hét alatt Curaçoon a *Callitroga* tökéletesen kipusztult. A siker arra indította az illetékeseket, hogy az eljárást nagyüzemi méretekben ki fogják terjeszteni az USA fertőzött délnyugati államaira és remélik, hogy a *Callitroga*-kártételt teljesen fel tudják számolni.

Halászat. A haltáplálék évenként kb. 26 millió tonna kütűnő élelmet jelent az emberiségnek. Már eddig is biztatóak azok a vizsgálatok, amelyeket P^{32} -vel és C^{14} -el végeztek a halászat tudományos problémáinak megoldására. Sugárzó izotóppal megjelölt halak segítségével azok vándorlását követni lehetett. Az ökológiai össze-

sugárzó izotópokkal jelölt halak segítségével végzik. (Az eljárás teljesen azonos elveken nyugszik, mint amit a vértérfogat meghatározására az élettanban végeznek.) Bizonyos (ismert) számú halat megjelölve sugárzó izotóppal bele engednek a tóba, rövid idő alatt a sugárzó halak nagyjából egyenletesen fognak eloszlani. Ezután vett próbafogásban megállapítják a megjelölt és a sugárzó anyagot nem tartalmazó halak arányát és a felhígulás mértékéből meg lehet határozni a halastó teljes halállományát.

A gamma-sugárzás erős csíraölőképességét felhasználhatják mindazon iparágak, amelyek munkájuk során fertőtlenítést igényelnek. Elsősorban a gyógyszeripar, továbbá az élelmiszeripar hasznosítja a sugárzó anyagok, különösen Co^{60} ezen képességét. Pl. műszerek fertőtlenítése, folyadékok és főleg kötszerek fertőtlenítése történhet nagy intenzitású gamma-sugárzással. Az élelmiszeriparban a hővel, sózással, füstöléssel stb. módszerekkel történő tartósítás mellett komoly remény van a kemény röntgensugarak és a gamma-sugárzás és nagyenergiájú elektronsugárzás felhasználására. Elsősorban

a húsfélék tartósításánál kerülnek szóba. Jelenleg azzal a dózissal ($10^5 - 3,10^6$ rep. — Co^{60}), amely a húsfélésegeken található valamennyi mikroorganizmust biztosan elpusztítja, kellemetlen szín- és szagbeli elváltozások keletkeznek, részben a miogloblin oxidációjából, részben kénhidrogén és metilmerkaptán vegyületekből. Mindezek ellenére antibiotikumokkal kezelt és kg-os nagyságúra vágott marhahússzeletek esetében 25 000 rep. sugárdózis mellett friss és szín-, továbbá szagelváltozást nem mutató húsokat sikerült 22 hónapon túl tartósítani, ami arra utal, hogy a közeljövőben ez az eljárás nagyipari alkalmazásra kerül. Ennek megtörténte előtt kell tisztázni, hogy a besugárzott hús és egyéb élelmiszerek veszélyesek-e

az ember egészségére. Erre ma még teljes bizonyossággal nem lehet tagadó választ adni.

Mindaz, amiről a fentiekben szó volt, a magasabb életszínvonal elérését szolgálja, mert a gyarapodó emberiség jobb életéhez több állati fehérjére, zsírra és egyéb állati termékre van szükség. Az atomenergia békés felhasználásának nemis ügyében reméljük, hogy ki-kki szakmája szerint rövidesen ki veheti részét a nemzetközi állattenyésztői és állatorvostudományi kongresszusokon, a magyar tudományt majdan új megállapításokkal méltóképpen képviselhetjük.

KEMÉNY ARMAND
és PETHES GYÖRGY

Érkezett: 1957. szeptember 30.

Irodalom

- [1] Adrian, C. & Hogben, M.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 313. 1956.
- [2] Aird, K. & al.: cit. Fellingner, K. & Vetter, H.: Radioaktive Isotope in Klinik und Forschung. Urban & Schwarzenberg. Berlin. 1955.
- [3] Aragão, M. B., Frota-Pessôa, E. & Margem, E.: Peaceful Uses of Atomic Energy 10. 525. 1955.
- [4] Beier, W. & Dörner, E.: Isotopen-Fibel für den Arzt. Thieme. Leipzig. 1957.
- [5] Blincoe, C. & Brody, S.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 266. 1956.
- [6] Brown—Grant, K. & al.: J. Physiol. 131. 58., 70., 85., 1956., 127. 341., 1955., 126. 1., 29., 1954.
- [7] Bush, H. & al.: J. Exper. Med. 101. 451. 1955.
- [8] Bushland, R. C., Knipling, E. F. & Lindquist, A. W.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 216. 1956.
- [9] Calcutt, R. & al.: J. Amer. Vet. Med. Ass. 118. 148. 1951.
- [10] Comar, C. L.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 245. 1953.
- [11] Comar, C. L.: Radioisotopes in Biology and Agriculture. McGraw-Hill. New York. 1955.
- [12] Delorme, F.: Quart. J. Exper. Phys. 37. 107. 1955.
- [13] Fellingner, K. & Vetter, H.: Radioaktive Isotope in Klinik und Forschung. Urban & Schwarzenberg. Berlin. 1955.
- [14] Hassell, C. C. & Jenkins, D. W.: Science 110. 146. 1949.
- [15] Inglis, H., Jennings, F. W., Lauder, I. M., Mulligan, W. & Weipers, S.: Vet. Record. 67. 765. 1955.
- [16] Jennings, F. W., Lauder, I. M., Mulligan, W. & Urquhart, G. M.: Vet. Record. 66. 155. 1954.
- [17] Keener, H. A. & Terri, A. E.: J. Dairy Sci. 36. A, 58. 1953.
- [18] Kleiber, M., Black, A. L., Lofgreen, G. P., Luick, J. R. & Smith, A. H.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 292. 1956.
- [19] Kline, F.: Yale J. Biol. Med. 24. 374. 1952.
- [20] McCoy, O. R., Downing, V. R. & Van Vooris, S. N.: J. Parasit. 27. 53. 1941.
- [21] Mollison, P. L. & Veall, N.: Brit. J. Haematol. 1. 62. 1955.
- [22] Nyikitin & Merkurieva: cit. Kostojanc, A. H.: Az összehasonlító élettan alapjai. I. kötet. Akad. Kiadó. Budapest. 1954.
- [23] Owen, P., Bollmann, F. & Brindlay, H.: J. Lab. Clin. Med. 44. 238. 1954.
- [24] Paintal, A. S.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 278. 1956.
- [25] Reineke, E. P. & Henneman, H. A.: Peaceful Uses of Atomic Energy 12. 306. 1956.
- [26] Sasaki, R.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 330. 1956.
- [27] Schwiegl, K.: Künstliche radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie. Springer. Berlin. 1953.
- [28] Tudhope, G. R. & Wilson, G. M.: J. Physiol. 128. 61 P., 1955.
- [29] Vigue, R. F.: J. Amer. Vet. Med. Ass. 126. 23. 1955.
- [30] Wachsmann, F.: Die radioaktiven Isotope und ihre Anwendung in Medizin und Technik. Francke. Bern. 1954.
- [31] Wheat, J. P., Black, A. L., Hage, T. J. & Rhode, E. A.: Amer. Vet. Med. Ass. 125. 387. 1954.
- [32] Zamyhkina, K. S. & Grodszenszkij, D. E.: Peaceful Uses of Atomic Energy. 12. 257. 1956.